Remise en état et renforcement d'ouvrages en béton avec du béton projeté (2)

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **69 (2001)**

Heft 3

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-146558

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Remise en état et renforcement d'ouvrages en béton avec du béton projeté (2)

Le béton projeté se prête à la protection préventive, à la remise en état et au renforcement d'ouvrages en béton existants. Une procédure de soumission bien menée crée les conditions nécessaires pour des travaux de haute qualité.

Dans le précédent «Bulletin du ciment» [5], il a surtout été traité des aspects théoriques du travail avec le béton projeté. Il est davantage traité de la pratique ci-après.
Pour les ouvrages en béton et en maçonnerie existants, le béton projeté peut être utilisé à différentes fins: protection préventive, remise en état et renforcement [3].

Protection préventive
Des revêtements ou enrobages en béton projeté permettent de protéger des éléments de construction intacts ou réparés, qui, en raison de sollicitations prévisibles, peuvent être endommagés. Ces «couches d'usure», de par exemple 3 cm d'épaisseur, sont utilisées entre autres pour des chambres d'aération de stations d'épuration des eaux usées.

Remise en état
Les cotes initiales d'un élément d'ouvrage sont rétablies par le colmatage des vides ou le remplacement des zones défectueuses.

Renforcement
La capacité de charge de piliers, voûtes ou dalles est augmentée grâce à une section utile agrandie: les éléments de construction peuvent supporter de plus lourdes charges ou de plus grandes sollicitations.

Suite des opérations

Selon *Teichert,* les différentes opérations d'une remise en état ou d'un renforcement avec du béton projeté peuvent être résumées comme suit [3] :

- éliminer les parties défectueuses de la surface d'application (support)
- rendre la surface d'application rugueuse et la nettoyer
- prendre des mesures relatives à la construction (coffrage, joints, évidements, etc.)
- laver et mouiller les surfaces d'application
- appliquer le béton projeté (y compris pose de l'armature et travail de la surface en béton projeté)
- traitement de cure du béton projeté.

Eliminer les parties défectueuses
Toutes les parties d'une surface d'application qui pourraient nuire à l'accrochage du béton projeté sont éliminées par procédé hydrodynamique ou par piquage à la main, ou avec un outil pneumatique ou électrique. Ce sont par exemple des parties qui se détachent, ainsi que des couches lessivées ou encore contaminées ou altérées dans la structure. Sur les éléments d'armature mis à nu, il faut éliminer la rouille. Le mortier de jointoyage défectueux d'une maçonnerie doit être gratté dans toute la mesure où la liaison le permet.

Préparer les surfaces
Lors de l'application, la pâte de ciment du béton projeté pénètre dans les orifices et les cavités les plus infimes, ce qui assure la liaison entre l'ancien béton et le béton projeté.

La dénudation par procédé hydrodynamique présente l'avantage d'éliminer ce qui est friable et de laisser en place ce qui est bon. La surface en résultant est généralement suffisamment rugueuse et ne doit donc pas

A propos de cet article

Cette seconde partie de l'article sur le béton projeté est également basée principalement sur des exposés présentés lors du séminaire du TFB no 804391 «Verstärken und Instandsetzen mit Spritzbeton» qui a eu lieu le 21 novembre 2000 à Wildegg
[1] Jürg Kägi (Zurich) sur «Spritzbeton und Vorbeton im Vergleich aus ausführungstechnischer Sicht»
[2] Wolfgang Kusterle (Innsbruck), sur «Zusammensetzung und Auftrag des Spritzbetons für Instandsetzungen»
[3] Pietro Teichert (Avegno) sur «Instandsetzung von Bauten mit Spritzbeton»
[4] Mathis Grenacher (Brugg) sur «Hochstehende Bauqualität: Was kann das Submissionsverfahren dazu beitragen?»
D'autres informations proviennent de la table ronde qui a fait suite ainsi que de la littérature spécialisée (voir Bibliographie en page 7).

4

être retravaillée. Il en va tout autrement avec le piquage: les surfaces d'application doivent dans ce cas être ensuite rendues rugueuses par sablage, et les pores proches de la surface être scarifiés. La surface à laquelle le béton projeté peut adhérer s'en trouve en même temps considérablement accrue.

Impossible sans eau
Un lavage soigné avec de l'eau permet d'éliminer les poussières sur la surface du béton. Afin que l'ancien béton ne soutire pas au béton projeté de l'eau nécessaire pour l'hydratation du ciment, ce béton doit être préalablement mouillé. Les pores proches de la surface se remplissent ainsi partiellement d'eau.

Mesures relatives à la construction
En font partie principalement le remplissage des microfissures avec de la résine synthétique ou une suspension de ciment ultrafin, ainsi que les mesures pour rendre propres les rainures, arêtes, délimitations, évidements et joints.

Bétons projetés
Pour les remises en état, on peut utiliser aussi bien la projection par voie mouillée que par voie sèche. En Suisse, on utilise plus fréquemment la projection par voie sèche.

Console du parapet d'un couronnement de mur de barrage prête pour la projection (ancien béton piqué et coffré). Photos: Laich SA, Avegno

La composition du mélange préconfectionné dépend principalement des exigences. Les mélanges confectionnés sur le chantier exigent une grande expérience, laquelle fait aujourd'hui défaut dans maintes entreprises. C'est pourquoi, pour de nombreuses remises en état, on utilise des mélanges secs préconfectionnés avec des granulats séchés au four (bétons secs ou mortiers prêts à l'emploi). Leur livraison s'effectue le plus souvent en sacs, parfois également en big-bags ou en camion-silo.

Le choix des mélanges prêts à l'emploi est très grand. Une partie de ce qui est proposé en tant que béton à projeter sec entre cependant dans la catégorie des mortiers secs ou des crépis. Pour les travaux de remise en état, l'utilisation de mélanges secs en sacs peut être rentable et également ouvrir de nouvelles possibilités.

Mais les entrepreneurs qui ont cru qu'il suffisait d'acheter une installation pour la projection et des mélanges prêts à l'emploi ont causé bien des dégâts. *Teichert* a dit à ce propos [3]: «Dans ce pays, quelque chose est allé de travers avec les travaux de projection avec des mélanges en sacs. Cela a remis le béton projeté en question et ranimé des doutes et des préjugés péniblement dissipés.»

La surface en béton projeté du mur cintré de la nef de l'église St-Charles de Lucerne a été dotée d'une structure de béton coffré.

Armature

On utilise le plus souvent des treillis en acier soudés avec mailles entre 50 et 100 mm et diamètres du fil métallique de 3 à 5 mm. Ils peuvent au besoin être ancrés soit par des goujons dans le support, soit par des fers soudés à l'armature existante. Les barres rondes sont également couramment utilisées. Les ombres derrière l'armature et les nids de gravier entre l'armature sont plus faciles à éviter avec un petit nombre de fers épais bien espacés qu'avec un grand nombre de fers minces peu espacés.

Les armatures en fibres de verre, qui réduisent le retrait des couches minces de béton projeté et améliorent leur capacité d'absorber les mouvements, prêtent à discussion.

Travail de la surface

Souvent, les surfaces en béton ne sont pas laissées brutes, mais travaillées. Entrent en question:

- talochage, lissage
- égalisation à la règle en fonction du profil
- réalisation d'une structure de béton coffré
- réalisation de délimitations propres (coûteux!)
- sablage du béton durci (donne des surfaces genre béton lavé).

Traitement de cure

Sans traitement de cure suffisant, garantissant une surface humide, on n'obtient pas de bon béton. Cela vaut particulièrement pour les bétons projetés, où le rapport surface/masse est très élevé. Les conséquences d'un traitement de cure insuffisant sont connues. Le béton sèche trop rapidement. Les contraintes dues au retrait peuvent devenir telles que les couches de béton projeté se détachent du support; il se crée des vides, ou alors les couches tombent entièrement. Le béton projeté frais doit en outre être protégé contre les agressions, les vibrations et les chocs.

Protection des alentours

Le sablage produit de la poussière, et la projection du béton du matériau de rebond et de la poussière. Selon l'emplacement de l'ouvrage à assainir, des mesures peuvent donc être nécessaires pour protéger les locaux, surfaces, éléments d'ouvrage et installations adjacents (façades, toits et fenêtres, plantes, orifices d'aspiration d'installations de climatisation, etc.). Cela s'applique également au jet d'eau à haute pression, où le bruit généré peut faire problème. Il faut en outre évacuer les eaux usées produites.

Assurance de la qualité

A propos de l'assurance de la qualité, *Teichert* a dit [3]: «Les remises en état d'ouvrages en béton ou en maçonnerie font partie des applications du béton projeté les plus délicates. Elles exigent beaucoup d'expérience, de savoir-faire, de connaissances techniques et de soin, c'est-à-dire tout ce que l'on désigne aujourd'hui par assurance de la qualité.»

Contributions de la procédure de soumission à la qualité des travaux

Les règles et exigences importantes pour la remise en état et la conservation des ouvrages en béton en Suisse figurent dans la recommandation SIA 162/5 [8]. Elles s'appliquent également aux travaux avec du béton projeté. Il est traité ici brièvement de quelques aspects sélectionnés qui influencent la qualité de ces travaux.

Qualité

Les durées d'utilisation restantes de 50 à 60 ans aujourd'hui demandées après des remises en état ou des renforcements ne s'obtiennent qu'avec une haute qualité – également du béton projeté.
Cela implique des exigences de qualité et des méthodes d'essai clairement définies, qui souvent vont au-delà des données figurant dans les normes. Il doit en être convenu avant le début des travaux dans la soumission et dans le contrat d'entreprise du maître de l'ouvrage, du concepteur et de l'entrepreneur. Les contrôles faits par l'entrepreneur et la surveillance externe neutre doivent également être réglés. Le management de la qualité en fonction de l'ouvrage est valable pour l'entrepreneur principal et pour les sous-traitants (souvent des entreprises de projection du béton).
L'ampleur des essais de qualification ainsi que les mesures à prendre lorsqu'il n'est pas satisfait aux exigences doivent également être réglées.
Pour les essais préliminaires nécessaires, des surfaces tests et des plaques de référence sont généralement prescrites.

L'entrepreneur principal est responsable de la qualité des travaux en béton projeté exécutés par le sous-traitant. Il doit veiller à ce que le sous-traitant soit au fait de toutes les exigences figurant dans la soumission et qu'il connaisse en outre les données locales et les conditions-cadres.

Délais

Lors de remises en état d'ouvrages tels que routes, on ne dispose souvent que de peu de temps pour l'exécution. Il peut en résulter une perte de qualité, par exemple en raison d'un traitement de cure trop court du béton projeté.
Il faut donc que les délais soient soigneusement planifiés, car ils constituent une base importante pour la mise en soumission et l'adjudication; une mise en soumission faite assez tôt peut contribuer à la qualité. (Le temps de préparation pour des travaux de remise en état complexes et exigeants, avec de très nombreux entrepreneurs, est de 3 à 6 mois au moins.)

Coûts

Les auteurs de projets doivent proposer des mesures de remise en état optimales. Cela implique des relevés de l'état appropriés et des évaluations de l'état sérieuses. C'est la seule façon d'empêcher que les projets établis soient trop chers.
Pour faire un travail de bonne qualité et calculer juste, l'entrepreneur doit disposer de l'intégralité des documents de soumission, avec toutes les conditions-cadres importantes.

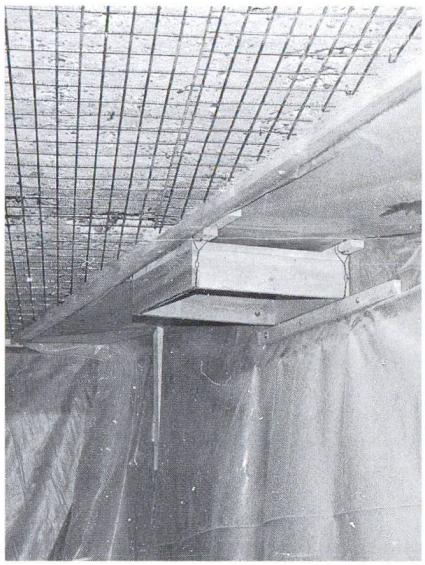
Mise en soumission et adjudication

L'entrepreneur doit connaître les causes des dégâts et les buts des mesures de conservation de l'ouvrage. Pour le béton projeté, il doit savoir dans quel but il va être utilisé (p. ex. protection de l'armature porteuse, conservation de l'aptitude au service, augmentation de la capacité de charge ou garantie de la durabilité pour une durée d'utilisation restante de 50 ans).
L'entrepreneur responsable du béton projeté doit être connu de l'entrepreneur principal avant la signature du contrat d'entreprise.
Sans documents de soumission clairs et une procédure de soumission correcte, il n'est pas possible d'obtenir des travaux de haute qualité. Malheureusement, de nombreux architectes et concepteurs soumissionnaires ne disposent pas de la compétence nécessaire dans ce domaine...
Lors de l'adjudication, il ne faut pas tenir compte de l'offre la moins chère, mais de l'offre la plus avantageuse. Les bases en sont des critères tels que qualité, délais et prix, lesquels doivent être communiqués à l'avance aux soumissionnaires.

Conclusion [4]

«Une procédure de soumission bien menée, avec des conditions claires des deux parties, profite à tous les intervenants. Elle crée les conditions nécessaires pour une bonne collaboration à un projet exigeant, et de ce fait, la possibilité d'obtenir des travaux de haute qualité.»

Source: exposé de Mathis Grenacher [4].



Pour l'essai de qualification du béton projeté pour le renforcement d'une dalle, les «caisses» ont été fixées à la dalle et le béton a été projeté verticalement depuis le bas.

Il est traité de l'assurance de la qualité par exemple dans les directives de l'Efnarc (Fédération Européenne des Producteurs et Applicateurs de Produits Spéciaux pour Structures), dans le ZTV-SIB 90 allemand [6], ainsi que dans les normes et directives de certains pays. La situation est moins claire en Suisse, où chaque canton procède différemment. Mais des normes européennes pour le béton projeté seront très bientôt introduites en Suisse également.

Indépendamment de cela, on peut se demander ce qui pour le béton projeté est nécessaire à l'assurance de la qualité. Selon *Teichert* [3], ce sont:

- la décision concernant la façon de procéder adéquate
- l'essai de qualification des matériaux de base
- le choix de la formulation
- les essais préliminaires
- le contrôle régulier (surveillance pendant les travaux)
- la vérification de la qualité (contrôle final ou ultérieur).

Les coûts de l'assurance de la qualité et le temps qu'elle exige peuvent être considérables. Cela s'applique en particulier aux essais préliminaires pour des projets sortant de l'ordinaire. Une grande expérience et une grande minutie sont en outre nécessaires, tout comme du bon sens. *Teichert* [3] a illustré ces propos à l'aide de l'essai de qualification d'un béton projeté pour le renforcement d'une dalle: si les «caisses» (coffrages carrés pour la confection d'échantillons de béton projeté) ne sont ici pas fixées à la dalle et que le béton n'est pas projeté verticalement depuis le bas, le béton projeté est différent de celui utilisé ensuite sur le chantier.

Une remise en état se termine par le rapport d'essai. C'est ce rapport qui dit si les mesures prises pour l'assurance de la qualité ont été efficaces, et si le béton projeté répond aux exigences.

Cela implique que les résultats des essais en laboratoire soient corrects. *Teichert* a émis à ce sujet des réserves, qu'il justifie par les résultats d'un essai interlaboratoire [3, 7]: douze carottes du même béton projeté ont été analysées dans dix laboratoires. Pour la résistance à la compression, les valeurs moyennes se situaient entre 61 et 77 N/mm^2 (chaque fois 10 mesures); la valeur moyenne des 120 mesures au total était de 72 N/mm^2, et l'écart-type de 9,6 %. Les conclusions que l'on peut tirer de ces résultats devraient faire réfléchir.

Kurt Hermann, TFB

Mots-clé
Assurance de la qualité, béton projeté, remise en état, renforcement, soumission

BIBLIOGRAPHIE

En dehors des indications données par les orateurs du séminaire du TFB, les publications suivantes ont été utilisées ou citées:

[5] **Hermann, K.**, «Remise en état et renforcement d'ouvrages en béton avec du béton projeté», Bulletin du ciment **69** [2], 3–11 (2001).

[6] ZTV-SIB 90: «Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen», édité par le Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau (1990).

[7] **Teichert, P.**, «Zur Qualitätssicherung beim Betonspritzen», rapport sur le 6e colloque sur le béton projeté de Laich SA, tenu le 26 septembre 1997 à Wildegg.

[8] Recommandation SIA 162/5: «Conservation des structures en béton» (édition 1997).